

УДК 622.458(035):629.114

Сокур М. І., д.т.н., професор, Сокур Л. М., ст. викл. (Державний ВНЗ «Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського»)

**КООРДИНАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РУХУ
АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ
КОНЦЕНТРАЦІЙ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ В АТМОСФЕРІ
КАР'ЄРІВ**

Розглянуто підхід до визначення закономірностей зниження концентрації шкідливих газів залежно від віддаленості розрахункової точки відносно рухомого джерела викиду. Наведені оптимальні відстані між рухомими автотранспортними засобами кар'єра.

Ключові слова: кар'єрний самоскид, автотранспортні потоки, відпрацьовані гази.

Вступ. Актуальність проблеми зменшення забруднення атмосферного повітря кар'єрів шкідливими речовинами відпрацьованих газів і пилу, які здіймаються з поверхні дорожнього покриття при експлуатації автотранспортних засобів, пов'язана з інтенсифікацією відкритого видобутку корисних копалин і збільшенням глибини кар'єрів. При розробці глибоких горизонтів спостерігається зменшення інтенсивності повітрообміну, часте виникнення штилів, а також виникнення термічних інверсій (особливо у нічні і передранкові години). Ці явища сприяють різкому зростанню вмісту токсичних речовин у кар'єрі. Їх значення можуть у кілька разів перевищувати значення ГДК. У цих ситуаціях вплив автомобільного транспорту на склад повітря як в атмосферному просторі кар'єра, так і в кабінах транспортних засобів є домінуючим (табл. 1) [1, 2].

Таблиця 1

Вміст оксиду вуглецю в повітряному середовищі робочих місць автотранспортної техніки в типових залізородних кар'єрах

Робоче місце		Вміст оксиду вуглецю, мг/м ³			
		9 ⁰⁰ – 12 ⁰⁰ г		13 ⁰⁰ – 15 ⁰⁰ г	
		Кількість проб	Середнє М ± m	Кількість проб	Середнє М ± m
У кабіні допоміжного транспорту вантажопідйомністю 8-14 т		17	31,3 ± 3,2	23	29,8 ± 1,1
У кабіні самоскида вантажопідйомністю 30-45 т		12	13,0 ± 1,1	10	11,4 ± 0,8
У кабіні великовантажного автосамоскида 120-130 т	при спуску	10	14,0 ± 1,6	10	18,0 ± 1,8
	при підйомі	11	26,0 ± 1,3	9	28,0 ± 1,4

Погіршення санітарно-гігієнічного стану атмосфери кар'єра за рахунок шкідливих викидів автотранспорту, сприяє зменшенню продуктивності праці і негативно впливає на стан здоров'я водіїв та обслуговуючого персоналу.

Аналіз останніх досліджень. Для розробки заходів щодо зменшення забруднень атмосфери кар'єрів і відповідно нормалізації складу повітря на робочих місцях автотранспортної техніки при її русі в транспортному потоці, в умовах конкретного кар'єра, в першу чергу, розглянемо і систематизуємо фактори негативних впливів і позначимо можливі способи управління ними (рисунок).

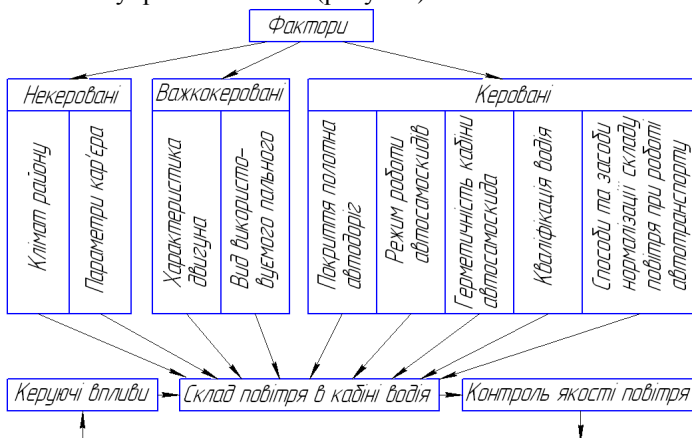


Рисунок. Фактори, що впливають на склад повітря на робочих місцях автотранспортної техніки глибоких кар'єрів

При цьому слід враховувати, що до складу автотранспортних потоків кар'єрів входять як технологічний (до 50 од.), так і допоміжний автотранспорт (до 60 од.). В якості допоміжного використовуються автомобілі вантажопідйомністю 5 ... 40 т для доставки персоналу кар'єра до місць роботи, перевезення вслякого обладнання та комплектуючих матеріалів для утримання доріг, а також зарядні та забійні машини при підготовці та проведенні вибухових робіт.

Як видно з рис. 1, на об'єкт управління (склад повітря в кабіні транспортного засобу) впливає одночасно ряд керованих, важкокерованих і некерованих чинників, а також керуюча підсистема. При цьому зазначені фактори є вихідною інформацією, на основі якої розробляється комплекс заходів і впливів, спрямований на нормалізацію складу повітря в кабінах автотранспортних засобів і ділянках робочої зони кар'єра.

Керуюча підсистема реалізує й оцінює ефективність заходів за допомогою блоку контролю складу повітря. У свою чергу інформація про це, спільно з даними про керовані, важкокеровані і некеровані фактори, є черговою вихідною інформацією для розробки нових управлінських дій, що і забезпечує зворотний зв'язок системи.

Управлінські рішення, що сприяють скороченню виділення шкідливих домішок при транспортуванні гірничої маси, різних вантажів і т.п., можуть бути реалізовані за рахунок використання комплексу наступних заходів: технічних, організаційних та інженерно-технічних (табл. 2). Комплекс включає також альтернативні способи і засоби, які розроблені різними авторами [3-5] і в основному перевірені в практичних умовах. При цьому технологічні заходи є в основному менш перевіреними за рахунок того, що асортимент малотоксичних двигунів і присадок до пального знижують шкідливі викиди для використання в кар'єрній техніці досить вузький, через специфіку експлуатації останньої. У той же час питання оптимізації руху транспортних потоків в умовах кар'єрів практично не досліджений. Разом з цим він є досить актуальним, оскільки при русі транспорту в колоні часто виникають ситуації накладення шлейфів газосажових викидів, що сприяє збільшенню їх концентрації та погіршення складу атмосфери в місцях знаходження як водіїв, так і персоналу кар'єра.

Постановка завдання. Щоб уникнути цього явища, необхідно обґрунтувати оптимальні відстані між рухомими транспортними засобами, які виключають можливі накопичення шкідливих речовин, за рахунок накладення їх шлейфів при виконанні транспортної роботи.

Результати досліджень. Для вирішення даного питання були визначені поля концентрацій шкідливих газових компонентів, приведені до СО від відстані до розрахункової точки. Використовувалася

емпірична залежність, запропонована Агентством захисту навколишнього середовища США [6],

$$C_{CO} = (1,37 \cdot G_{CO}) / \left[(0,82v^2)^{1/3} \cdot (X/u)^{1/3} u \right], \quad (1)$$

де G_{CO} – об'єм викиду CO, мг/(м·с); v – середня швидкість руху на перегоні, км/год; X – відстань від розрахункової точки, м; u – швидкість вітрового потоку, м/с.

Таблиця 2

Комплекс заходів з нормалізації атмосфери на робочих місцях кар'єра

Способи та засоби поліпшення складу атмосфери при роботі автотранспорту в кар'єрах										
Технологічні			Організаційні				Інженерно-організаційні			
Використання малотоксичних двигунів	Використання дизель-тролейбозів	Оптимізація руху транспортних потоків	Використання малотоксичних видів пального	Зменшення частки автотранспорту за рахунок ЦПТ	Організація система систематичного прибирання та підсиання кар'єрних автодоріг	Оптимізація кількості та місця розміщення пунктів заправки полива полив машин	Підвищення кваліфікації водіїв	Полив автодоріг та закріплення їх поверхні хімічними розчинами на основі води	Використання нейтралізаторів, допалювачів та ін.	Використання альтернативних способів зниження шкідливих газових викидів

Для розрахунку концентрацій шкідливих газів на краю проїжджої частини використовувалася формула [6]

$$C_{CO} = [K_1 K_2 K_3 (7,38 + 0,026N) + \sum A_i] \cdot \left(\frac{uB}{30} \right)^{-1/3}, \quad (2)$$

де C_{CO} – розрахункова мінімальна разова концентрація CO, мг/м³; K_1 , K_2 , K_3 , – коефіцієнти, що враховують зниження концентрацій CO за рахунок поліпшення технічного обслуговування автомобілів, застосування нейтралізаторів і газового пального, впровадження малотоксичних робочих процесів і конструктивних покращень двигуна; N – інтенсивність руху автомобілів, од/год; $\sum A_i$ – сума поправок, що враховують відхилення фактичних умов від прийнятих (швидкість автомобілів 27-35 км/год, у складі потоку 90% вантажних автомобілів).

Для розрахунку валового викиду приведенного до CO, г/(м·с) в оди-

ницю часу, на ділянці автодороги, враховувалася кількість речовини, що викидається кожним автомобілем на одиницю шляху, і число автомобілів, що проходять цю ділянку у встановлений часовий інтервал [6],

$$G_{CO} = 2,75 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot Q \cdot N, \quad (3)$$

де Q – середня кількість пального, спожите автомобілем на 1 км пробігу, л; m – поправочний коефіцієнт, що враховує перерозподіл процентного вмісту CO у відпрацьованих газах при зміні швидкості руху автомобілів [7].

Токсична характеристика транспортного потоку залежить від складу (однорідності) руху. Для урахування цього чинника, при оцінці впливу транспортних потоків на атмосферу кар'єра необхідно ввести поправочні коефіцієнти, що враховують відхилення складу руху від прийнятих найбільш типових умов, або коефіцієнти для приведення різних типів транспортних засобів до однорідного потоку автомобілів. В даному випадку транспортний потік був приведений до потоку, що складається з двох типів (груп) розрахункових автомобілів: допоміжних (В) і технологічних (Т). Розглянуті транспортні засоби відрізняються не тільки параметрами режимів руху, але і питомою масою приведенного до CO викиду на цих режимах [7].

Стосовно досліджуваних умов транспортного потоку кар'єра, який складається з допоміжних і технологічних автомобілів, залежність (3) набуде вигляду

$$G_{CO} = 2,75 \cdot 10^{-4} \cdot m (Q_B N_{PB} + Q_T N_{PT}), \quad (4)$$

де Q_B , Q_T – середня кількість пального, спожите допоміжним і технологічним автомобілями на 1 км пробігу, л; N_{PB} , N_{PT} – інтенсивність руху допоміжних і технологічних автомобілів, од/год.

Приведена інтенсивність руху транспортних засобів кар'єра визначалася за формулою

$$N_{pj} = \sum_{i=1}^I K_{npj} \cdot N_i, \quad (5)$$

де K_{npj} – коефіцієнт приведення для транспортних засобів i -го типу (приймався залежно від терміну експлуатації та технічного стану розрахункового автомобіля [6, 7]); N_i – фактична інтенсивність руху транспортних засобів автомобілів i -го типу в одиницю часу, од/ год; j – число груп транспортних засобів.

Для врахування впливу основних транспортно-планувальних показників кар'єрних автодоріг (рівень організації та регулювання потоків), було необхідно визначити значення викиду CO за пробіг одиничним

автомобілем при проходженні зони регулювання руху, залежно від швидкості повідомлення і довжини ділянки [6]. Частота розташування проблемних ділянок і транспортних вузлів, істотним чином позначається на обсязі виділень і складі відпрацьованих газів автомобілів, і відповідно на рівні забруднення повітря розглянутих ділянок. Середнє значення викиду CO за пробіг від одного розрахункового автомобіля j -го типу на ділянці автодороги, що включає в себе перегін і проблемну зону, описано рівнянням

$$q_j^{CO} = \left\{ \delta_{об} \cdot L_n^{-1} \left[\alpha_j v_j + \beta_j T_{\tau} \cdot (1 - \lambda) + C_j \right] + \gamma_j v_j^{-1} + E_j \right\} PR_j^{CO}, \quad (6)$$

де $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j$ – коефіцієнти; $\delta_{об}$ – частка зупинених автомобілів на даному під'їзді до проблемного ділянки; C_j, E_j – приватні коефіцієнти характеризують проблемну ділянку; v_j – середня швидкість усталеного руху на перегоні, км/год; λ – ефективна частка часу проходження проблемної ділянки; PR_j^{CO} – добуток поправочних коефіцієнтів, які враховують вплив ряду факторів на зміну кількості CO, що виділяється i -м автомобілем j -й типовій групи. Значення частних коефіцієнтів приймалися за даними [6, 7].

Викиди CO від автомобіля, що рухається в транспортному потоці одного напрямку в одиницю часу, на ділянці автодороги одиначної довжини, що включає в себе зону регулювання руху і проблемну ділянку, складуть

$$G_{CO} = 2,75 \cdot 10^{-4} \sum_{j=1}^2 q_j^{CO} N_{pj}. \quad (7)$$

Для обліку додаткових викидів, пов'язаних з особливостями роботи механічної трансмісії допоміжних автомобілів при переході з вищих ступеней коробки перемикання передач на нижчі, тобто виконання водієм прийому узгодження оборотів колінчастого валу двигуна і первинного валу коробки передач використовувався метод, запропонований в [8]. Відповідно формула (7) набуде вигляду:

$$G_{CO} = 2,75 \cdot 10^{-4} n' \beta_{нз} (1 - \alpha_{нз}) \eta_{нз} \sum_{j=1}^2 q_j^{CO} N_{pj}, \quad (8)$$

де n' – загальна кількість перегазовок за час знаходження автомобіля на обліковому відрізку, од.; $\beta_{нз}$ – коефіцієнт режиму роботи двигуна при різкому натисканні на педаль акселератора; $\alpha_{нз}$ – коефіцієнт надлишку повітря при перегазовках; $\eta_{нз}$ – миттєві витрати пального двигуна при різкому натисненні на педаль акселератора, кг/год.

Зміна інтенсивності транспортних потоків в кар'єрі по годинах до-

би, днів тижня, місяцях призводить до нерівномірного викиду забруднюючих речовин в атмосферу, тому вона коректувалася, виходячи з планового складу транспортного потоку на розглянутій ділянці кар'єрної автодороги.

Співвідношення максимальних концентрацій різного ступеня опосередкування в часі залежить від конкретних, місцевих умов певної ділянки автодороги кар'єра (розташування і величина уступів, характеристика вітрових потоків), зазначене впливає на умови розсіювання відпрацьованих газів автомобілів, збільшуючи або погіршуючи приплив повітря до проїжджої частини. Для обліку цих явищ використовувалися коефіцієнти: ажурності уступів, стабільності і швидкості вітрового потоку, а також комплексні параметри, враховують зниження концентрації залежно від віддаленості розрахункової точки від джерела викиду в умовах турбулентності [2, 6, 9].

Висновки. Таким чином, використовуючи отримані дані і зробивши облік специфічних особливостей конкретного кар'єра, можливо визначити концентрації шкідливих домішок в точках, що цікавлять.

На підставі отриманих даних розроблені рекомендації по оптимізації руху автотранспортного потоку щодо мінімізації забруднення атмосфери кар'єра відпрацьованими газами (табл. 3). Запропоновані параметри руху дозволяють знизити вміст шкідливих речовин у кабінах автотранспортної техніки і атмосфері кар'єра при сприятливих умовах провітрювання на 5...7%, а в періоди виникнення штилів і термічних інверсій на 7...15%.

Таблиця 3

Рекомендовані параметри руху транспортного потоку, що виключають накопичення відпрацьованих газів в кар'єрах глибиною до 300 м

Характерна ділянка дороги	Рекомендовані швидкості руху, км/год	Мінімально безпечна відстань за автомобілем, що рухається, м		Мінімально безпечна відстань від автомобіля в бік борта кар'єра, м		Мінімально безпечна відстань від автомобіля в бік робочої зони кар'єра, м	
		3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
Горизонтальна пряма	40-45	53-60	24-30	більше 30	5-10	більше 25	6-8
Пряма з підйомом до 5%	35-40	66-70	32-38	більше 40	7-10	більше 35	7-9

продовження табл. 3

Пряма з підйомом до 15%	30-35	116-125	58-63	більше 60	12-15	більше 50	10-17	
Спуск з похилом до 5%	30-35	50-52	25-29	15-18	5-10	10-15	5-8	
Спуск з похилом до 15%	30-35	49-55	23-28	10-15	4-10	10-13	5-7	
Т – образний перетин доріг	Проходження ділянки автомобілем, що рухається попереду, без зупинки	15-20	59-64	28-35	15-18	6-10	10-16	7-9
	З зупинкою автомобіля, що рухається попереду, на ділянці	5-10	73-80	39-44	більше 25	10-15	більше 30	11-15
У – образний перетин доріг	Проходження ділянки автомобілем, що рухається попереду, без зупинки	24-30	58-64	30-34	9-15	5-10	10-15	6-8
	З зупинкою автомобіля, що рухається попереду, на ділянці	5-10	73-85	38-45	більше 25	10-15	більше 30	11-15
Х – образний перетин доріг	Проходження ділянки автомобілем, що рухається попереду, без зупинки	20-25	68-74	35-40	15-18	8-11	10-15	9-11
	З зупинкою автомобіля, що рухається попереду, на ділянці	5-10	72-87	40-41	більше 30	10-15	Більше 30	11-13

* Значення мінімальних дистанцій між автомобілями коригуються з умови гальмівного шляху транспортних засобів.

1. Бойко А. Н. Обеспечение допустимых санитарно-гигиенических условий труда при работе в загрязненной атмосфере карьеров / Бойко А. Н.,

Вісник Національного університету водного господарства та природокористування

- Кочетов А. В., Савицкий В. И. // Горный журнал. – 1998. – № 8. – С. 71-74.
- 2.** Бересневич В. П. Исследование влияния автотранспортного комплекса на загрязнения атмосферы глубоких карьеров Кривбасса / Бересневич В. П., Веснин А. В., Монастырский Ю. А. // Горный инфор.-анал. бюллетень. – 2008. – Вып. № 5. – С. 21-36. **3.** Головчук А. Снижение дымности дизелей / А. Головчук // Автомоб. Транспорт. – 1984. – № 11. – С. 35-36. **4.** Жегалин О. И. Снижение токсичности автомобильных двигателей. / Жегалин О. И., Лупачев П. Д. – М. : Транспорт, 1985. – 120 с. **5.** Конорев М. М. Опыт применения нетрадиционного метода снижения токсичности выбросов в атмосферу карьеров технологическим автотранспортом / Конорев М. М., Росляков С. М., Киенко А. А. Бредихин А. А. // Горный журнал. – 1992. – № 3. – С. 15-19. **6.** Дьяков А. Б. Экологическая безопасность транспортных потоков / Дьяков А. Б., Игнатъев Ю. В., Коншин Е. П. и др.; под ред. А. Б. Дьякова. – М. : Транспорт, 1989. – 128 с. **7.** Стенин Ю. В. Исследование геометрических параметров карьерных автодорог и их влияния на режим движения технологических автосамосвалов / Ю. В. Стенин // Горный журнал. – 2001. – № 1. – С. 45-49. **8.** Шитько В. В. Зависимость количества выбросов вредных веществ от состояния технологического транспорта карьеров Кривбасса / В. В. Шитько, А. М. Михайлов // Горный журнал 1997. – № 3. – С. 51-52. **9.** Шафир Л. С. Снижение выбросов вредных компонентов в выпускных газах изменением объема двигателя внутреннего сгорания / Л. С. Шафир // Разработка рудных месторождений – Кривой Рог: КТУ, 1996. – Вып. № 58. – С. 119-123. **10.** Климатические характеристики распространения примесей в атмосфере: Справочное пособие / под ред. Э. Ю. Безуглой, М. Е. Берлянда. – Л. : Гидрометеоиздат, 1983. – 328 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Рудь Ю. С. (ДВНЗ «КНУ»)